

UTILIZACIÓN DE BARRERAS GEOSINTÉTICAS ARCILLOSAS (GBR-C) EN OBRAS DE IMPERMEABILIZACIÓN. APLICACIONES CON EL CÓDIGO TÉCNICO DE EDIFICACIÓN (CTE) (2ª PARTE)

Ángel Leiro, Beatriz Mateo, Helena García, Laboratorio Central de Estructuras y Materiales. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX)
Isabel Gayo y Silvia Llorente, CETCO IBERIA, S.L.U.

2. EXPERIMENTAL

2.1. Utilización de barreras geosintéticas arcillosas (GBR-C) en obras de diferente tipología

Existe una gran diversidad de utilizaciones de las barreras geosintéticas arcillosas formando parte del sistema de impermeabilización, tanto en obra civil como en edificación, como se muestra en los ejemplos de utilizaciones recientes que se citan a continuación. Por lo que se refiere a obras de edificación, de acuerdo con lo mencionado anteriormente, las barreras geosintéticas arcillosas se utilizan como sub-base sobre el hormigón de limpieza así como en la impermeabilización de paramentos verticales como muros de hormigón y muros pantalla.

En todos los ejemplos citados se ha empleado como material impermeabilizante el sistema VOLTEX, de la empresa CETCO, que consiste en una barrera geosintética arcillosa formada por dos geotextiles de alta resistencia, uno tejido y otro no tejido, y 5 Kg por metro cuadrado de bentonita de sodio encapsulada entre ellos. Este producto está diseñado para la impermeabilización de estructuras subterráneas, tanto en superficies horizontales como en verticales.

Este producto se caracterizó en el Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX.

- **Túnel alternativo Estrada N 1**

Una aplicación habitual del GBR-C descrito es la utilización en la impermeabilización de túneles, en este caso se utilizaron 3.500 m² en un pequeño



Figura 9. Túnel alternativo Estrada N 1. Ponte de Lima- Viana do Castelo. Portugal. 10.000 m² GBR-C. Falso túnel.

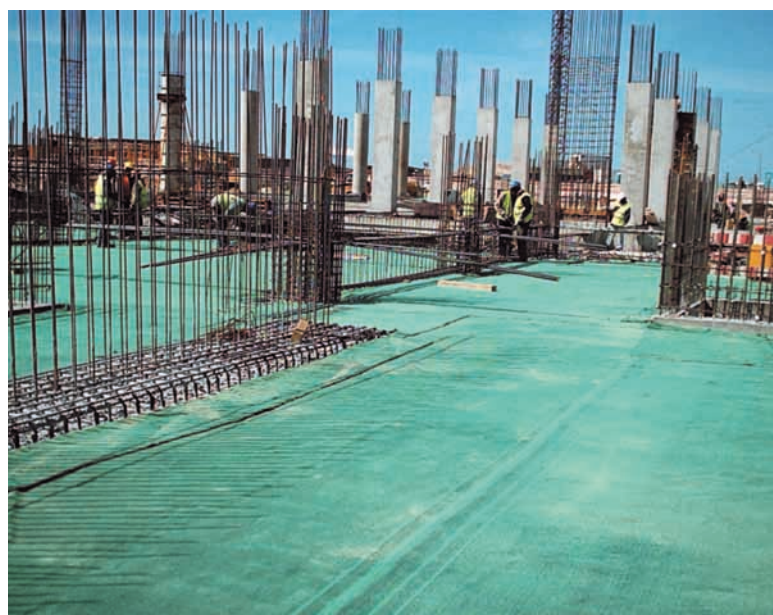


Figura 10. Sede de la Fundación Champalimaud. Lisboa. Portugal.

tramo en falso túnel en la Estrada N1. Año 2010. (Figura 9).

- **Edificio Sede de la Fundación Champalimaud. Lisboa**

Desde la fase de proyecto se contempló el sistema de impermeabilización estudiado como impermeabilización de la losa inferior de cimentación del nuevo edificio Sede de la Fundación Champalimaud. La peculiaridad del emplazamiento de la obra a orillas de la desembocadura del río Tajo en Lisboa, con un nivel freático alto, fue determinante en la elección de este sistema. Se instalaron un total de 50.000 m² de GBR-C, en tan solo 3 semanas. La obra se realizó en 2009. (Figura 10).

- **Falso túnel LAV Madrid-Valencia**

Tras analizar el agua contenida en el terreno que atraviesa el túnel, se consideró que el material de impermeabilización para el falso túnel más apropiado era el GBR-C

VOLTEX CRDS. Este producto, diseñado y fabricado para estar en contacto con aguas de alta conductividad eléctrica, contiene bentonita de sodio resistente a mayores niveles de los siguientes contaminantes: nitratos, fosfatos, sulfatos, caliza y disolventes orgánicos. Mediante la adición de polímeros especiales y de una lámina de polietileno por una de sus caras se refuerza la barrera geosintética mejorando la permeabilidad del mismo. La rapidez de instalación de 15.000 m² del GBR-C en una semana, caracterizó esta obra, realizada en 2009. (Figura 11).

- **Hospital de Torrejón de Ardoz**

Son numerosos los hospitales de nueva construcción en los que se utiliza la barrera geosintética

de bentonita en la losa de cimentación, en este caso fueron instalados 20.000 m² bajo la losa. Año 2010. (Figura 12).

2.2. Caracterización de la barrera geosintética arcillosa y sus constituyentes (geotextiles y bentonita)

En el Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX se han realizado los ensayos de caracterización del sistema de impermeabilización VOLTEX, de la empresa CETCO utilizado en los ejemplos de obra mencionados anteriormente.



Figura 11. Falso túnel LAV Madrid Valencia. 20.000 m² GBR-C para contacto con aguas de alto contenido iónico



Figura 12. Hospital de Torrejón de Ardoz. Madrid. 20.000 m² GBR-C bajo solera de cimentación.

En la tabla 3 se encuentran las propiedades estudiadas tanto de la barrera geosintética arcillosa como de sus materiales constituyentes: geotextiles y bentonita.

2.1. Propiedades de los geotextiles

2.1.1. Masa por unidad de superficie

La masa por unidad de superficie tanto del geotextil tejido como del no tejido se determinó según la norma UNE-EN ISO 9864. El procedimiento consiste en cortar no menos de diez probetas de acuerdo

a la norma UNE ISO 9862, de manera que sean representativas del material a ensayar. Se miden con una exactitud del 0,5% y se pesan con una exactitud de 10 mg.

2.1.2. Oxidación

Se realizaron los ensayos de resistencia a la oxidación de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 13438, tanto a los geotextiles tejidos como al no tejido, ya que la materia prima del polímero empleado en todos los casos fue polipropileno. Por ello, se utilizó el procedimiento A1 de la mencionada norma, ya que

Tabla 3. Propiedades estudiadas

Propiedades	Procedimiento
Propiedades de los geotextiles	
Masa por unidad de superficie geotextil tejido	UNE-EN ISO 9864
Masa por unidad de superficie geotextil no tejido	UNE-EN ISO 9864
Oxidación	UNE-EN ISO 13438
Propiedades de la bentonita	
Absorción de agua	Procedimiento interno TP-1004
Coefficiente de hinchamiento	ASTM D 5890-06
Pérdida líquida por filtrado	ASTM D 5891-02
Caracterización mineralógica	Difracción de Rayos X
Propiedades de la barrera geosintética arcillosa (GBR-C)	
Masa por unidad de área	UNE-EN 14196
Espesor	UNE-EN ISO 9863-1
Contenido de bentonita	UNE-EN 14196
Resistencia a tracción (L/T)	UNE-EN ISO 10319
Alargamiento	UNE-EN ISO 10319
Permeabilidad al agua	ASTM D 5887
Punzonado estático	UNE-EN ISO 12236
Resistencia al pelado	ASTM D6496

en ningún caso, los geotextiles ensayados cumplen función de refuerzo.

Se sometieron, por tanto, a una temperatura de 110 ± 1 °C en una estufa regulada termostáticamente sin circulación de aire forzado durante 14 días.

Una vez realizado el ensayo de oxidación, las probetas se sometieron a una inspección visual, de acuerdo con la UNE-EN 12226.

Posteriormente, y de acuerdo con la citada norma UNE-EN 12226, se ensayaron a tracción las probetas que fueron sometidas al ensayo de oxidación.

2.2. Propiedades de la bentonita

2.2.1. Absorción de agua

La absorción de agua se determinó de acuerdo con el procedimiento interno TP-1004

basado en norma ASTM E 946-92. Consiste en depositar la bentonita en un papel de filtro que se coloca encima de una placa porosa (figura 13) y pesarla hidratada transcurridas 18 horas. La arcilla debe depositarse en la placa seca y molida de tal forma que el 100% pase por el tamiz de 150 μm y que como mínimo el 80% pase por un tamiz de 75 μm .

La absorción de agua se determina por diferencia de peso entre la bentonita hidratada y seca, teniendo en cuenta la corrección por la temperatura. Se expresa en tanto por ciento de absorción de agua.

2.2.2. Coeficiente de hinchamiento

El coeficiente de hinchamiento se determinó de acuerdo a la norma ASTM D 5890-06.

Este método de ensayo permite la evaluación de las propiedades de hinchamiento de una arcilla en agua para la estimación de su permeabilidad o reducción de la conductividad hidráulica en barreras geosintéticas (GBR-C).

El procedimiento consiste en adicionar 2 g de arcilla en una probeta de 100 ml, de aproximadamente 180 mm de altura, con 90 ml de agua. La arcilla debe estar seca hasta peso constante a (105 ± 5) °C, y molida de tal manera que el 100% pase por el tamiz de 150 μm y un mínimo del 65% pase por un tamiz de 75 μm . Después de un periodo de hidratación mínimo de 16 horas se mide el volumen en la probeta, expresando el resultado en ml (figura 14).

2.2.3. Pérdida por filtrado

La pérdida de fluido por filtrado se determinó de acuerdo a la norma ASTM D 5891-02, que evalúa la utilidad de la arcilla para la reducción de la permeabilidad en las barreras geosintéticas arcillosas (GBR-C). Este método de ensayo permite la evaluación de la pérdida de fluidos de una mezcla de mineral arcilloso al 6% en agua.

La arcilla granular se debe moler de tal manera que el 100% pase por el tamiz de 150 μm y como mínimo el 65% pase por un tamiz de 75 μm .

El ensayo consiste en adicionar lentamente 22.5 g de la bentonita molida en un vaso con 350 ml de agua. Tras 25 minutos de agitación, se cierra el vaso y se deja en reposo al menos 16 horas. Una vez mezclada la arcilla se vierte en un recipiente en cuya base se ha dispuesto un papel de filtro y se somete el recipiente con la arcilla a una presión de 100 psi (kPa). El filtrado de los primeros 7,5 minutos se descarta y se recoge en una probeta el filtrado de los 22,5 minutos siguientes. La figura 15 muestra el aspecto general del equipo.

2.2.4. Caracterización mineralógica mediante Difracción de Rayos X

La clasificación más aceptada establece tipos de bentonitas en función de su capacidad de hinchamiento en agua:



Figura 13. Ensayo de absorción de agua de la bentonita.

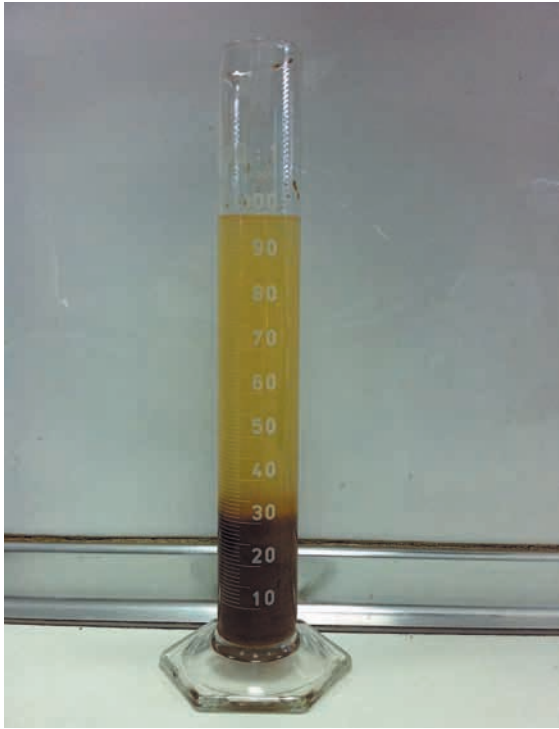


Figura 14. Ensayo del coeficiente de hinchamiento de la bentonita.

- Bentonitas altamente hinchables o sódicas
- Bentonitas moderadamente hinchables o intermedias
- Bentonitas poco hinchables o cálcicas

Las bentonitas más utilizadas en las barreras geosintéticas arcillosas son las sódicas, por tener mayor capacidad de hinchamiento.

La bentonita sódica está compuesta por minerales del grupo de las esmectitas con un elevado contenido en montmorillonita sódica. Su baja permeabilidad se basa en su elevada capacidad

de absorción de agua en el espacio interlamilar, lo que hace que se hinche y forme una barrera al paso del agua.

Es fundamental por tanto confirmar la presencia de esmectitas, y en particular de montmorillonita, para asegurar el buen comportamiento de la bentonita. Para ello se realizó el estudio de su composición mineralógica, mediante la técnica de Difracción de Rayos X, tanto de la muestra en polvo como de los agregados orientados de la misma.

— *Muestra en polvo*

Se determinó la composición mineralógica de la muestra en polvo, para lo cual se molió en un molino de bolas hasta obtener un tamaño de partícula inferior a 0,074 mm.

— *Agregados orientados*

Para confirmar la presencia de esmectitas se realizaron tres tipos de agregados orientados:

- Agregado orientado sin tratamiento (A.O.)
- Agregado orientado en atmósfera saturada con etilenglicol (E.G.), mediante el que se detecta la presencia de minerales de arcilla capaces de incorporar sustancias en su espaciado interlamilar, provocando con ello su hinchamiento. Este hinchamiento es visible por el aumento del espaciado interlamilar que queda reflejado en el difractograma.
- Agregado orientado tratado térmicamente a 550°C (A.O.+ 550°C), para detectar la presencia de minerales que contienen agua en la estructura y, por tanto, son susceptibles de colapsar al perderla a altas temperaturas. Este colapso de la estructura se refleja en un descenso del espaciado interlamilar. ■



Figura 15. Equipo utilizado para el ensayo de pérdida por filtrado de la bentonita.